

计算机医疗咨询系统

MYCIN

【美】E.H·肖特利夫 著 张小云等 译

人民军医出版

计算机医疗咨询系统: MYCIN

JISU ANJI YILIAO ZIXUN
XITONG : MYCIN

〔美〕爱德华·汉斯·肖特利夫 著
张小云 傅乃鏐 国永杰 马德贵 译
傅乃鏐 张小云 潘耀东 魏继周 校

人民军医出版社

1990·北京

Edward Hance Shortliffe

Computer-Based Medical

Consultations: MYCIN

American Elsevier Publishing Co Inc, 1976

计算机医疗咨询系统: MYCIN

〔美〕E H 肖特利夫 著

张小云等 译

*

人民军医出版社出版

(北京复兴路22号甲3号)

(邮政编码: 100842)

新华书店北京发行所发行

北京孙中印刷厂印刷

*

开本: 787×1092毫米1/32·印张: 8.625·字数: 178千字

1990年5月第1版 1990年5月(北京)第1次印刷

印数: 1—2,300 定价: 5.00元

ISBN, 7—80020—143—O/R·131

〔科技新书目: 211—183⑤〕

内 容 提 要

MYCIN系统是为合理使用抗菌药治疗感染性疾病而设计的医疗专家系统。本书全面介绍了 MYCIN 系统的设计原理、设计标准、系统结构、推理过程及数学模型等，并提供了一次完整的咨询示例。

本书作者是美国斯坦福大学医学院临床药理学博士，MYCIN系统是他与计算机专家、医学专家通力合作的结晶。本书是当代人工智能领域中的优秀代表作，在欧美各国享有很高声誉，得到著名人工智能专家N. 尼尔逊的高度评价，被选作世界人工智能丛书之一。

本书可供计算机和医药工作者阅读，对有志于研究和开发人工智能医疗专家系统者，特别是这些领域中的教师、研究生更具有现实指导意义。

213567

译者的话

人工智能是计算机科学最前沿的分支。专家系统是它的形式之一，它突破计算机只是作“计算”的框框，让计算机模拟专家的思维过程，应用专家的大量专业知识，高水平地帮助人们思考问题，从而突破时间、空间的限制，使专家的知识广泛地发挥作用。专家系统是一门年轻的、发展中的尖端边缘学科，大力开发和推广专家系统将有利于促进我国的四化建设进程。

MYCIN是医疗领域专家系统中优秀的典型，也是整个人工智能领域中一个著名的范例。MYCIN一词取自多数抗生素英文名称的词尾，是为合理使用抗菌药治疗感染性疾病而设计的计算机咨询系统。作者爱德华·汉斯·肖特利夫(Edward Hance Shortliffe)是美国斯坦福大学医学院临床药理学博士，他与该大学计算机学者及临床医师密切合作，经数年的努力，研制成了MYCIN系统，在欧美各国享有很高的声誉。本书得到著名人工智能专家尼尔斯·尼尔逊(Nils Nilsson)的高度好评，被列为世界人工智能丛书之一。

专家系统的研制是一项非常艰巨的任务，人们称这样的研制工作是一项“知识工程”。研制医疗专家系统需要医务工作者与计算机工作者密切合作，互相渗透获取知识，如果双方对专家系统的理论都有一定的认识，无疑会促进这种渗透，缩短研制周期。本书比较全面地介绍了MYCIN的原理

和方法，对于学习、研究和开发专家系统的人们显然是十分有益的。

在美国，滥用抗生素的问题很突出，MYCIN设计的目的之一就是帮助医生正确使用抗生素。目前，我国滥用抗生素现象也相当惊人，《人民日报》、《健康报》曾发出呼吁要求全社会重视滥用抗生素的问题。因此，体现专家智慧的MYCIN对治疗感染性疾病时如何正确选择抗菌药进行医疗决策，具有现实指导意义。

为了给医务工作者及人工智能工作者学习MYCIN提供方便，我们将这本书译出，希望能抛砖引玉，激起我国医药工作者对人工智能的兴趣并能启迪人工智能工作者的设计思维，以促进医疗专家系统在我国的研究、应用和推广。

本书的译校工作体现着医药和理工两类工作者密切合作、互相渗透的特点，是医工结合形式的新尝试。由于水平所限，译文中可能存在不妥或错误之处，恳请读者批评指正。

张小云

1988年9月

前 言

为了协助医务工作者在临床上进行医疗决策，本书介绍计算机医疗咨询系统MYCIN (Computer—Based Medical Consultation : MYCYN)。这套系统体现计算机科学中人工智能分支的一项技术，它的任务是协助医务工作者在为感染性疾病病人选择治疗方案时，作出正确的决策。

MYCIN包括相当多的医学专业知识，也是计算机应用的新颖领域。本书的阅读对象，既可以是具有计算机科学基础知识的医务工作者，又可以是具有一些临床医学或医药计算知识的计算机专业人员。他们可能因为专业的不同而对本书的不同章节感兴趣，下面罗列的提纲可供读者按自己的兴趣和经历进行阅读：

第一章“绪论”。 主要介绍医学计算、人工智能和MYCIN程序设计的有关临床问题。本章末尾是MYCIN系统的简要介绍和一次咨询的人机对话示例。

第二章“MYCIN的设计标准”。 列有编写MYCIN过程中考虑到的设计标准，突出强调了医务人员的可接受性。本章末尾简要讨论了MYCIN怎样才能满足这些标准。

第三章“咨询系统”。 详述MYCIN程序如何形成决策。它沿用过去根据前后关系解决问题的工作方式来讨论数据结构和控制结构。某些节或小节加星号(*)单列，以便非计算机专业人员能读到更多的信息材料而不过分纠缠实施的细节。

第四章“医学中的不精确推理模型”。 本章主要涉及推

理模型组合的一般性课题，而且是重要的独立课题。因此，本章按独立的方式撰写。如果读者的主要兴趣是MYCIN的数学模型，则着重阅读第四章即可，不一定要涉猎本书其它部分的细节。

第五章“解释系统”。本章讨论MYCIN回答问题的能力。它可回答关于它的知识库以及某一具体咨询细节的问题。本章还描绘了用户接口程序，但省略了实施材料。

第六章“MYCIN的未来方向”。介绍对MYCIN系统的几种评价并瞻望未来的发展，包括知识获取的当前状况以及本程序最终将成为医院信息系统中的一个重要组成部分。

第七章“结论”。归纳总结程序的当前成就，阐述MYCIN的局限性和MYCIN对计算机医学决策以及人工智能的贡献。

上述七章，每章均分出节和小节，凡有星号(*)的段落是MYCIN系统某部分的技术性解释，虽较详尽，但可以略过不读。带双星号(**)者是总结性段落，如果读者对此课题已比较熟悉，则完全可以省略不看。本书引用的参考文献以方括号([,])标出，逗号前面是第一作者的姓，后面是文献发表年份，如果某作者一年内发表多篇论文，则在年份下以英文小号字母标出。本书最后附有以英文字母顺序排列的参考书目。

最后需要说明的是，文章中提到医生和病人等人称时，均使用了男性代词(he, his)，不强调“他”和“她”的性别差异，按照这种表达习惯可避免识别性别的麻烦，但或许不够理想。

致谢：要不是有几个朋友积极合作和善意劝告，本书还只能处于“摇篮”时期。几年来定期聚会的医师和计算机科学家的密切配合，对完成本书著作尤其重要。在此期间，

Stanley Cohen定期提供一些极有价值的意见，他是斯坦福大学中鼓励我深入医学院并承担这项研究的第一个人。在此，对他所花费的时间及所给予的帮助和指导表示感谢。Bruce Buchanan 提供了计算机的专科知识和哲学观点以及颇有见识的评论意见。没有这些，我们这项设计可能会错误百出。第四章中的分析，主要是他提出的看法以及我们对所涉及的哲学问题共同讨论的成果。Stanton Axline也参与了MYCIN的研制，他提供了研制MYCIN程序知识库必须具有的感染性疾病的专业知识，他还提出了MYCIN设计方面几个独具特点的建议，并付诸实施，使医生们更加乐意接受。1973年末，另一个研究者Randy Davis也投身于这项科研，我们之间的许多交谈，特别是他鼓励我去探求推广MYCIN的问题求解方法已证明极有价值。

还有几位医师在研究的初期就参加了这项工作，在设计构想阶段，Thomas Merigan就是一名积极参与者；在头一年里，Gilbert Hunn参加我们的定期会议。感谢Michael Podlone和Robert Illa，他们协助用具体病例对程序进行测试，并提出了关于程序性能方面的一些建议。还要感谢Frank Rhame, Patrick Goodall, Richard Greenman和Michael Charney，他们协助Merigan博士对程序的性能进行了早期的评价。

研制MYCIN所使用的绝大部分计算机是由斯坦福研究所慷慨提供的。非常感谢该所的Nils Nilsson, Bertram Raphael, Peter Hart, Richard Waldinger, Dan Lynch和Richard Fikes所给予的指导和帮助。还要感谢Nilsson博士，允许我在本书第一章、第二节中讨论有关人工智能结构时引用他的观点。

在此要向斯坦福大学的许多专家致谢，他们对研究中有
关学科的学术和方向问题给予过有益的启发和帮助，他们是：
George Forsythe 教授（计算机学科，已故），Byro
Brown教授（生物统计学），Patrick Suppes教授（哲
学），Howard Sussman 博士（病理学）和 Cordell
Green教授（计算机科学）。

Casimir Kulikowski, Ed Sondik, Ernest Short-
liffe, Jonathan King, John Hannigan, Russ Bri-
ggs, Ken Colby, James, Fries, Mark Perlroth, Roger
Schank等或参加讨论或帮助审稿，在此一并致谢。在MYCIN
的研制中Claire Lustig, Sylvia Wyman和 Linda
Halloran所做的秘书工作也是必不可少的，感谢他们为此
付出的时间和精力。

最后还要特致谢意的是：感谢Bob Greens的友情和他
对计算机与医学相结合的事业的鼓励；感谢G. Octo Bar-
nett，他也期望计算机与医学结合并在斯坦福大学医学院加
以实现；感谢我的妻子Linda，我使用计算机终端常占用家
庭电话线路，有时一次长达几个小时，她总是精心安排和调
整无法兼顾的时间。

这项工作在某种程度上得到(NIH)第GM-01922号医 学
科学家培训方案的支持。计算机时由签订了DAHCO 4-72-
C-0008合同的斯坦福研究所和斯 坦福大学人工智能计 划 所
(该所受美国国防部高级研究计划局ARPA管辖)提供。秘
书工作和打字服务由签订BHSRE的HS-00739和HS-01544
两个合同单位—斯坦福大学医学院提供。

E. H. 肖特利夫

(傅乃镠译 潘耀东校)

序

Edward Shortliffe的这本著作是当代人工智能领域优秀的代表作。暂且不谈它在医学上的重要意义,而仅仅把它看成一个计算机系统,仍然有相当大的价值。Shortliffe博士扩展了人工智能程序的一般定义,包括要求程序能验证本身的决策,即对它的决策作出解释,MYCIN确能向我们展示每项决策所依据的规则和设想。这种性能的优点是用户能够评价“程序推理”与“人进行决策”的相似程度。本书的读者还可以发现在许多情况下不管是机器还是人进行许多决策时,其逻辑基础是多么薄弱。

沿着这条线索,人们也会注意到MYCIN显然是一部主要依赖所谓“目录式专门知识”的著作,即为了查找感染性疾病专家所给的治疗建议并进行编码,程序采用了通用的方法表达知识及其相互关系。那些陈旧而成效甚少的方法受“从优先原则推理”方法的束缚,而MYCIN的方法则不同,它援引综合的概念和步骤,并不是只针对手头的问题而列举规则。因此,MYCIN承担了人工智能领域中既困难而又重要的一类工作。它利用了有助于实现正确自动化决策的全部知识。利用该系统一定数量的知识资源,反复持久发挥效益,是这种方法的一项成果。MYCIN还力图促进“灵敏的调节”,以获取符合医学专家最新见解的治疗建议规则。

单纯从医学的观点来评论,也肯定会公认MYCIN是一项意义重大的成就。Shortliffe选择的问题即细菌感染性

疾病的抗菌药物治疗问题，确实是医学领域中极其重要的问题。这项工作由普通的感染性疾病专科医师完成，或者根据临床医务工作者（内科医生、家庭医生、外科医生或者儿科医生）与检验工作人员（病理学家或微生物学家）互相讨论得到的全面知识作出抗菌药物治疗的临床决策。很明显，MYCIN并不需要去掌握这些医学专家们所反映的一系列深奥知识，所需要的仅仅是那些知识很小的一部分，即用抗菌素治疗细菌感染性疾病的有关部分。象人进行决策那样，在MYCIN的知识和规则中，关于微生物术语和药理学制剂的名称及类型等都必须都是最新型的。与人处理信息的过程一样，MYCIN的最后决策不可能比所提供的医学观察（主要是指病人的症状、体征、实验室分离的病原微生物以及抗菌药物敏感性试验等）更正确。MYCIN和医生一样会由于某一病人检查标本中得到的不正确信息或者其它类似错误而不可避免地将诊断引向歧途。

MYCIN和医生共同面临着一个更大的困难，即必须解决由于信息不足导致的结论误差。在感染性疾病的处理过程中，某些观测简直无法再现。例如，一旦开始应用抗菌素治疗，就难以分离出真实的致病菌，虽然计算机程序运算概率比大多数人更方便。另一方面，使用与问题结论相关的条件语句处理现实事物，MYCIN的性能虽较适合，但也是很困难的。这种关系的一个例子就是从病人伤口采集的培养物可能分离出污染的细菌。程序为了识别一种污染菌，需要大量的复杂知识。事实上医院里的检验工作人员往往也不能有把握地加以识别。但他们必需无可奈何地作出并不可靠的细菌分离报告。MYCIN试行完成这项工作，是对日渐成熟的人工智能领域的一个贡献，并且它的设计完全不依附于一般的医院自

动化系统。MYCIN使人工智能研究向纵深发展，其针对目标是解决有重大价值的医学问题。

当人们仔细审查用于医院和办公室实际工作的方案时，迟早会发现费用问题是一个潜在的障碍。使用灵活的高级语言如LISP来编写的人工智能程序在执行中的高昂费用难以避免这是可以理解的。INTERLISP是与LISP同类但具有额外调节功能的另一种人工智能语言。它的效率大约是FORTRAN的1/50。而FORTRAN的效率只是一个低效能汇编程序的1/10。然而LISP能用表式结构十分自然地描述人工智能所必须的客观信息结构的关系。LISP还能对表加以修改或增加说明，以反映专家的新知识。MYCIN采用确信度因子和联合函数的形式甚至在明确地约定何时或如何应用新知识的情况下，也可以把新知识加入规则集中去。INTERLISP可以很容易无止境地改进其结构，使得用它编制的计算机程序在不断变化的现实世界中始终保持其先进性。操作费用与机器效率并非直接相关，象INTERLISP这样具有人们所希望特征的系统，效率虽低，费用却是昂贵的。

可以想象，在某一天可以“完成”在高效的环境中用高效的语言进行“硬编码”，这种人工智能系统从技术上讲不难实现，而且费用也会大大降低。但是根据以往实验室自动化的经验来看，这样的改动必然是鲁莽的，因为医学实验室具有易变的特性，人们永远不会认为：一个程序，比如MYCIN或者其它医学实验室的计算机程序，不需要任何修改就能及时跟上实践中变化的新形势。这些变化不一定是概念性的，而MYCIN实际上应准备接受概念上的变化。不过，一般的实验室程序做不到这一点。事实上，大多数程序不能容许太多的变化，例如技术类型的改变或在病人数目上添加一位数

字等。然而，这类变化却是常见而且无止境的，例如新增药物、旧药改新名、新制剂或新的协定配方、细菌学术语的变化、细菌分离或再次培养的新技术、单独或联合报告的新成果、新型防腐剂或者由实验室工作者运用新方法处理的贮备溶液等。

此外，不少其它计算机程序正在着手处理不同药物之间的相互作用，有些程序能根据病人状况（如肾衰）来选择药物（包括抗菌素）及其剂量。MYCIN或者指出这些程序的不足，或者把其中的知识适当结合到MYCIN的知识库中去。MYCIN系统进一步附加的连接部分和保留在INTERLISP中的突出优点，都明显地需要与医院数据获取系统联系在一起。MYCIN承担着提供咨询的任务，但还另有一些要求：即获取知识、控制质量和报告基本实验室观察与检测结果等。前面提到，由于其它系统十分死板，要使它们成为象MYCIN这样先进的系统，尚需提高其适应性，以便将来能够在两个系统之间进行信息交换。

一般认为：仅仅为了支持与各方面的医学专家进行会话，也需要有高度灵活性和适应性的程序，但此论点尚有争议。如果必须有一个通则，那么无论专家给出建议的方式是联机、脱机、规则、表格或图形，系统都应该能够接受。许多系统，例如计算机辅助教学系统的创始方式，强行运用联机分格式结构，以致“改进”到了累赘的程度。这种方法基本上将修改程序的任务变成修改用户的终端。然而就MYCIN而论，这一点是有争议的，因为专家或许需要和系统进行会话以便发现哪条规则需要审查，并且在修改之前考虑一下由于修改可能引起的全部后果。换句话说，用户比程序更加需要会话。因此，在很长时期内，为了使程序至少在知识方面不断

地增长，会话功能强但相对昂贵的程序仍然是值得向往的。

上述理由说明，MYCIN的优点胜过了它比较昂贵的费用。人工智能程序是可以**用灵活的设计语言来研制的**。所有应用传统程序设计方法的实验室系统，最终失败的原因几乎都是由于缺乏灵活性而不是由于费用太昂贵所致。MYCIN无论如何都会被公认**花费虽然相对较大，但却是精巧灵敏的机器工具**。

在医学领域，人工智能程序未来的重要性有两个方面。首先，它所用的**知识获取方法（至少对医务人员来说）比陈旧的依靠简单的树或似然表格（likelihood tables）的程序设计方法可能更容易**。MYCIN这样的方法总有一天向更复杂的问题领域探索，为严格地检验未知领域的知识状况提供一种手段。在后续的研制期间，这样的系统能够进行大幅度修改。只要这种修改能推动它进行更有效的决策，MYCIN及其类似程序就有必要变更某些假设和规则。象MYCIN这样的人工智能程序，由于具有改进知识表达方式的能力，故有希望能促进以计算机为基础的自动化向新的医学领域扩展。

其次，或许更激动人心的是MYCIN及其类似的系统具有增强人类对各领域本身理解的潜在能力。一般来说，这一优点是优秀模型工作的特征。人们期待在知识初步规格化的工作中，能感受到许多益处。就医学而论，困难在于选择适当的医学问题领域，这是领域最低限度应具备某种结构，即具有数据生成过程的有效基本模型。举一笨拙的例子，象MYCIN这样的系统，虽然能够成功地模仿200年前医生的决策，然而如果根据所谓“蒸汽”、“燃素”和“有害空气”等无用而杂乱的知识也是不能形成有效决策的，另一方面，

我们确实已经具有感染性疾病的微生物模型这种有利条件，这至少为MYCIN做出有效决策提供了可能。

在医学领域中，使人工智能成功的另一要求是具有进行决策所必需的适当数量的知识，无论这些知识在医学专家的头脑中怎样组织均可。在感染性疾病的处理中，诊断和药物治疗效果之间有许多明确的规律可循。相比之下，各种抗菌药的作用却被不恰当地概念化了。为了测试“抗菌药敏感性”而把细菌植入培养皿进行分离的方法，至多是一种人为的标准方法，而体内试验与在试管内试验的结果常不一致。例如，伤寒病的致病菌沙门氏菌属，按标准的实验室检验方法要对大多数抗菌药都进行“敏感性”测试，然而经验证明，必须使用氯霉素（或者是氨苄青霉素）治疗才能奏效。幸而专家们了解这一点，并能引用适当的哪怕暂时不能作出解释的规则。不幸，有许多非专家的医生并不都能掌握上述经验。MYCIN则能对临床领域中的这类实际问题显示其应用价值。

抗菌药治疗中理论和实践之间的差异，与只根据化学结构推断药理作用这种众所周知的科学研究方法有关。然而化学结构复杂的抗菌素分子并不都能产生预期的相应药理作用，而常见的临床检验结果以及MYCIN的有关规则很可能会有助于这种研究。

最后，在评价这项工作时，必须看其药物选择是否改善了临床效果以及是否由于程序的研制对生物学关系产生了新认识。MYCIN在帮助非专家的医生改进药物的选择方面确能发挥作用。在获取感染性疾病相互关系新认识的可能性方面，MYCIN的显著优点大大超过了一般的实验室自动化系统。传统的系统只力图自动显示步骤，而MYCIN则设法使

感染性疾病的知识表达形成规格化。Shortliffe博士的著作十分详细的阐述了如何完成这个过程。就象他的程序引人注目一样，他的书使人爱不释手。

密苏里州 哥伦比亚市

密苏里大学

信息科学组组长 医学博士

DONALD A B LINDBERG

(傅乃镠译 潘耀东校)